

明細書

熱処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウエハ等の被処理体に対してアニール処理や成膜処理等の熱処理を行う熱処理装置に関する。

背景技術

[0002] 一般に、半導体デバイスを製造するには、半導体ウエハに成膜処理、パターンエッチング処理、酸化拡散処理、改質処理、アニール処理等の各種の熱処理を繰り返し行って所望のデバイスを製造するが、半導体デバイスが高密度化、多層化および高集積化するに伴ってその仕様が年々厳しくなっており、これらの各種の熱処理のウエハ面内における均一性の向上および膜質の向上が特に望まれている。例えば半導体デバイスであるトランジスタのチャネル層の処理を例にとって説明すると、このチャネル層に不純物原子のイオン注入後に、原子構造を安定化させる目的でアニール処理が一般的に行われる。

[0003] この場合、上記アニール処理を長時間行うと原子構造は安定化するが、不純物原子が膜厚方向へ奥深くまで拡散して下方へ突き抜けてしまうので、極力短時間で行う必要がある。すなわち、チャネル層などの膜厚を薄くしつつ、且つ突き抜けも生ずることなく原子構造を安定化させるためには、半導体ウエハを高温まで高速で昇温し、且つアニール処理後にあっては拡散が生じないような低い温度まで高速で降温させることが必要となる。

このようなアニール処理を可能するために、従来の熱処理装置では、加熱ランプを収容したランプハウスに輻射熱を遮断するシャッター機構を設け、高温でアニール処理した後にウエハ温度を降温させる際にこのシャッター機構を作動させて加熱ランプからの輻射熱を遮断し、ウエハの高速降温を行うようになっている。

[0004] また他の従来の熱処理装置としては、例えば特開2001-85408号公報に示すように、ウエハステージにペルチェ素子を設け、100～250℃程度でウエハをエッティングする際に、昇降温時に上記ペルチェ素子を用いるようにした熱処理装置がある。

[0005] ところで、シャッター機構を設けた上記従来の熱処理装置にあっては、このシャッタ一機構自体が大きいために装置が大型化し、また装置自体も複雑化する、といった問題があった。またペルチェ素子を用いた従来の熱処理装置にあっては、エッチングを行うプロセス温度が100～250℃の範囲であってそれ程高くなく、例えば高温でアニール処理等を行うには温度が低過ぎて十分ではない、といった問題があった。

発明の開示

[0006] 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、高温での熱処理を行う際に、被処理体の高速昇温および高速降温を行うことが可能な熱処理装置を提供することにある。また本発明の他の目的は、被処理体の加熱効率を向上させることが可能な熱処理装置を提供することにある。

[0007] 上記目的を達成するために、本発明は、被処理体に400℃以上の温度で熱処理を施すための熱処理装置であって、天井部に透過窓を有する処理容器と、この処理容器内に設けられ、前記透過窓と対向するように被処理体を載置する載置台と、前記処理容器の上方に設けられ、前記透過窓を通じて被処理体に熱線を照射することにより被処理体を加熱する複数の加熱ランプと、前記載置台に設けられ、被処理体を少なくとも冷却可能な熱電変換器と、を備えたことを特徴とする熱処理装置を提供する。

[0008] この熱処理装置によれば、被処理体に400℃以上の温度で熱処理を行うに際して、被処理体の昇温時には主として加熱ランプからの熱線により加熱し、降温時には熱電変換器を用いて強制的に冷却することで、被処理体の高速昇温および高速降温を行うことが可能となる。

[0009] この熱処理装置においては、前記熱電変換器の下側に、内部に熱媒体流路の形成された熱媒体ジャケットを設けることが好ましい。

また、前記熱電変換器は、被処理体の冷却時とは逆方向の電流が流されることで、被処理体を加熱するように構成されていることが好ましい。

[0010] さらに、前記熱電変換器は、前記載置台上的複数のゾーンにそれぞれ対応して配置された複数の熱電変換素子を含み、当該熱処理装置は、前記載置台上的各ゾー

ン別に熱電変換素子に流される電流を制御する変換素子制御器を更に備えることが好ましい。

これによれば、被処理体の温度の面内均一性を維持したままこれを高速降温させることが可能となる。

その場合、前記変換素子制御器は、前記熱電変換素子に間欠的に電流を流すように制御を行うと共に、前記熱電変換素子に電流が流れていない期間に前記熱電変換素子の起電力に基づいて当該熱電変換素子の温度を測定することができる。

- [0011] 被処理体はシリコンウエハである場合には、前記複数の加熱ランプは、主として紫外線を放射する紫外線放電ランプと、主として可視光線を放射するハロゲンランプとで構成されることが好ましい。

これにより、加熱ランプからの熱線に対する被処理体の吸収率が高くなり、より高速で昇温させることができる。

その場合、前記紫外線放電ランプの電力制御は、デューティ制御により行われることが好ましい。

また、被処理体の中央部に対しては主として前記紫外線放電ランプからの紫外線が照射され、被処理体の周辺部には対しては主として前記ハロゲンランプからの可視光線が照射されるように構成されていることが好ましい。

- [0012] また、本発明は、被処理体に高温で熱処理を施すための熱処理装置であって、天井部に透過窓を有する処理容器と、この処理容器内に設けられ、前記透過窓と対向するように被処理体を載置する載置台と、前記処理容器の上方に設けられ、前記透過窓を通じて被処理体に熱線を照射することにより被処理体を加熱する複数の加熱ランプと、を備え、前記載置台は、前記加熱ランプから主として放射される熱線の種類に応じて、その熱線を主として吸収する吸収板を含むことを特徴とする熱処理装置を提供する。

このように、加熱ランプから主として放射される熱線の種類に応じて、その熱線を主として吸収する吸収板によって、載置台上の被処理体に対する加熱効率を向上させることが可能となる。

この熱処理装置においては、前記載置台は、互いに異なる種類の熱線を主として

吸收する複数の吸収板を含むことができる。

その場合、前記吸収板どうしの間に、被処理体側を少なくとも冷却可能な熱電変換器が設けられていることが好ましい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]は、本発明の熱処理装置の第1実施形態を示す断面構成図である。

[図2]は、加熱手段の加熱ランプの配列の一例を示す平面図である。

[図3]は、熱電変換器を構成するペルチェ素子の配列の一例を示す平面図である。

[図4]は、熱線の波長に対するシリコンウェハへの吸収率を示すグラフである。

[図5]は、熱線の波長に対するゲルマニウムとシリコンの透過率を示すグラフである。

[図6]は、熱線の波長に対する石英と窒化アルミニウム(AIN)とSiCとの吸収率を示すグラフである。

[図7]は、熱線の波長に対するCaF₂(弗化カルシウム)とLiF(弗化リチウム)の透過率を示すグラフである。

[図8]は、熱線の波長に対する熔融石英の透過率を示すグラフである。

[図9]は、各種の母材に対してコーティング処理を行った時の赤外線領域の透過率を示すグラフである。

[図10]は、本発明の熱処理装置の第2実施形態における載置台の構造を示す構成図である。

[図11]は、本発明の熱処理装置第3実施形態を示す断面構成図である。

[図12]は、本発明の熱処理装置第4実施形態を示す断面構成図である。

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下に本発明に係る熱処理装置の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

<第1実施形態>

図1に示す本発明の第1実施形態に係る熱処理装置2は、例えばアルミニウムにより筒体状に成形された処理容器4を有している。この処理容器4の天井部は開口されており、この開口部には、Oリング等のシール部材6を介して透明な透過窓8が気密に設けられている。また処理容器4の内部には、薄い円板状になされた載置台10が設けられており、この載置台10の上面に、被処理体としての半導体ウェハWが載

置されるようになっている。ここで載置台10の材料としては、使用する加熱ランプからの光線を最も吸収し易いような材料で形成され、例えば主に赤外線ランプの光線を吸収し易い SiO_2 材、 AlN 材、 SiC 材、主に紫外線ランプおよびハロゲンランプの光線を吸収し易いGe(ゲルマニウム)材、 Si 材、金属材等を用いることができる。

- [0015] また、この処理容器4の側壁には、半導体ウエハWを搬出入する際に開閉されたゲートバルブ12が設けられると共に、熱処理時に必要な処理ガスを内部へ導入するガスノズル14が設けられている。また処理容器4の底部の周辺部には、排気口16が形成されており、この排気口16には図示しない真空ポンプが介設された排気系18が接続されて、処理容器4内の雰囲気を例えば真空排気可能としている。またこの処理容器4の底部の周辺部を残した中心側には大口径の開口が形成されており、この開口に例えばOリング等のシール部材20を介在させて例えばアルミニウム製の肉厚な底板22が気密に取り付け固定されている。
- [0016] そして、上記底板22の上面側に、熱電変換器24を介して上記板状の載置台10が接合して設けられている。この熱電変換器24は、複数の熱電変換素子として例えば複数のペルチェ素子24Aを有しており、これらのペルチェ素子24Aはこれらより底板22を気密に貫通して外側へ配線されたリード線26を介してペルチェ制御部(変換素子制御器)28へ接続されており、このペルチェ制御部28により電流の方向や大きさを制御できるようになっている。ここで熱電変換とは、熱エネルギーを電気エネルギーに、また電気エネルギーを熱エネルギーに変換することを言う。また、ペルチェ素子24Aとしては、例えば400°C以上の高温下での使用に耐え得る Bi_2Te_3 (ビスマス・テルル)素子、 PbTe (鉛・テルル)素子、 SiGe (シリコン・ゲルマニウム)素子等を用いることができる。
- [0017] また上記底板22の上部には、熱媒体を流すための熱媒体流路30がその平面方向の全体に亘って形成されており、この熱媒体流路30の一端には熱媒体導入路32が接続され、他端には熱媒体排出路34が接続されて、この底板22は熱媒体ジャケット36として兼用されている。ここで、熱媒体としては少なくとも冷媒を流すことができ、上記ペルチェ素子24Aの下面から温熱を奪ってこれを冷却するようになっている。また必要に応じて温媒を流して上記ペルチェ素子24Aの下面から冷熱を奪ってこれを加

熱し得るようになっている。この熱媒体は、例えば循環器38により循環使用される。尚、この底板22は、ウエハWを上記載置台10に対して昇降させるために図示しないリフタピンが設けられる。

- [0018] 一方、上記透過窓8の上方には、上記ウエハWを加熱するための加熱手段40が設けられる。具体的には、この加熱手段40は、複数の加熱ランプ42A、42Bよりなり、これらの加熱ランプ42A、42Bを、透過窓8の上方に設けた容器状のランプハウス44の天井部の下面にその全体に亘って取り付けている。またこのランプハウス44の天井部の内面は反射鏡48となっており、各加熱ランプ42A、42Bからの熱線を下方向に反射させるようになっている。また各加熱ランプ42A、42Bの総電力は例えば100～200キロワット程度である。これらの各加熱ランプ42A、42Bの制御はランプ制御部46によって行われ、このランプ制御部46には、上記ペルチェ制御部28から後述するように例えば温度情報が入力されるようになっている。
- [0019] ここで図示例においては、ランプハウス44の周辺部以外の中央部に位置する加熱ランプ42Aはその熱線の放射方向を真下に向けられているのに対して、ランプハウス44の周辺部に位置する加熱ランプ42Bは、下方向内側に向けて斜めに設けられており、その熱線の放射方向をウエハWの周辺部に集中させるようになっている。尚、熱線とは、紫外線、可視光線および赤外線(近赤外、遠赤外も含む)の全てを含むものとする。
ここでは図2に示すように、上記加熱ランプ42A、42Bが設けられたランプハウス44の天井部は、中央側の内側ゾーン50Aと周辺部の外側ゾーン50Bとで同心円状に分けられる。内側ゾーン50Aには加熱ランプ42A群が設けられ、外側ゾーン50Bには加熱ランプ42B群が設けられている。加熱ランプ42A、42Bの電力は、各ゾーン50A、50B毎に制御できるようになっている。尚、上記内側ゾーン50Aには加熱ランプ42A群を比較的疎に配置し、これに対して、上記外側ゾーン50Bには加熱ランプ42B群を比較的密に配置してウエハの面内温度均一な加熱を図ることが好ましい。
- [0020] ここで上記加熱ランプ42A、42Bとしては、紫外線を主として射出する紫外線放射ランプと、可視光線を主として射出するハロゲンランプと、赤外線を主として射出する赤外線ランプとよりなる群の内から選択された1種または2種以上のランプを用いるこ

とができる。図1では例えば中央側の加熱ランプ42Aとしては、例えば大きさは大きくて大出力が可能な紫外線放電ランプを用い、これに対して、周辺部側の加熱ランプ42Bとしては例えば小型化されたハロゲンランプが用いられる。ここで上記透過窓8は、上記加熱ランプ42A、42Bから射出する光線に対する吸収率が少なくなるようにその材質(母材)、コーティング材料が決定されている。具体的には、例えば熔融石英ガラス、耐熱ガラス、 CaF_2 (弗化カルシウム)材、LiF(弗化リチウム)材、Ge(ゲルマニウム)材、コーティングが施されたGe母材等が用いられる。

[0021] また図3(A)に示すように、底板22上に配置されたペルチェ素子24Aは、載置台10の略全面に亘って配置されている。そして、各ペルチェ素子24Aは、載置台10上の中央部に位置する内側ゾーン52Aと、その外側の中周に位置する中側ゾーン52Bと、その外側の最外周に位置する外側ゾーン52Cとの3つのゾーンに同心円状に区分されている。更に、微妙な温度コントロールが必要な外側ゾーン52Cは、更にその周方向に沿ってペルチェ素子24Aを3個ずつ含む4つの分割ゾーンに区画されており、上記各ゾーン52A、52B、52C(外側ゾーン52Cについては更に4つの分割ゾーン)毎に独立して制御できるようになっている。

尚、図3(A)に示したペルチェ素子の配列に変えて、図3(B)、図3(C)のように配列することも可能である。これらは載置台10の略全面にわたりペルチェ素子24Aが敷き詰められた構造を有し、ペルチェ素子24A間にはほとんど隙間がない。これによれば、より精密で均一な温度制御を達成することができる。これらの配列においては、各ゾーン52A、52B、52Cが正確な同心円状にならないが、各ゾーン52A、52B、52Cは図示されるように適宜決定すればよい。ここで図3(A)、図3(B)ではペルチェ素子24Aの形状は、略四角形に形成され、図3(C)に示す場合には略六角形に形成されている。また図3(B)および図3(C)ではゾーン毎にペルチェ素子24Aに異なる模様を付してゾーン区分を明確にしている。またこれら図3に示したゾーンの分割形式は、単に一例を示したに過ぎず、これに限定されないのは勿論である。

[0022] 次に、上述のように構成された熱処理装置2の動作について説明する。まず、アニール処理を行うために開放されたゲートバルブ12を介して未処理の半導体ウエハWは処理容器4内へ導入されて載置台10上に載置され、処理容器4内を密閉する。そ

して、ガスノズル14より処理ガスとして例えばN₂ガス、或いはArガスを流量制御しつつ導入すると共に、処理容器4内を例えば真空排気して所定のプロセス圧力、例えば1～100Pa(7.5mTorr～750mTorr)を維持する。これと同時に、ランプ制御部46により加熱手段40を動作させて各加熱ランプ42A、42Bを点灯させる。

- [0023] これにより、各加熱ランプ42A、42Bより発せられた熱線が透過窓8を透過して半導体ウエハWの表面に入射し、これを急速に加熱して昇温する。この時の昇温速度は例えば100～200°C/sec程度である。ここで加熱ランプとして紫外線放電ランプを用いた場合には、この紫外線放電ランプに対してデューティ制御を行って、その投入電力を制御する。この点は、以降に説明する各実施形態においても同様である。そして、ウエハWを400°C以上、例えば500～1000°Cのプロセス温度に、所定の時間だけ維持してアニール処理を行う。尚、ここで紫外線放電ランプに対してデューティ制御を行う理由は、次の通りである。すなわち紫外線放電ランプに連続的に電力を供給した場合にあっては、この電力を徐々に上げていっても、ある値(閾値)以上にならないと放電が起こらず、つまり投入電力に対し、比例的な熱線量が得られないと共に、熱線量を0～100%まで連続的に変化させる事ができない。そこで、放電を起こさせるに十分な電力によりデューティ制御を行えば、これらの問題を一挙に解決できることになる。
- [0024] このようにして、アニール処理が終了したならば、ウエハWの温度を急速に冷却する高速降温を行う。そのために、各加熱ランプ42A、42Bを消灯すると共に、載置台10の下面に設けてある熱電変換器24の各ペルチェ素子24Aに、その上面が冷えるような方向で電流を流す。これにより、処理容器4内の対流と放射による冷却効果以外に各ペルチェ素子24Aの上面に冷熱が発生して冷却されるので、これと接している載置台10が冷却されてウエハWを急速に冷却することができ、ウエハWの高速降温を行うことができる。この際、各ペルチェ素子24Aの下面には温熱が発生して熱くなるので、底板22に形成した熱媒体ジャケット36の熱媒体流路30に冷却用の熱媒体を流し、上記各ペルチェ素子24Aの下面に発生した温熱を上記熱媒体により系外へ運び出して各ペルチェ素子24Aの下面を冷却することになる。この時の冷却用の熱媒体としては冷却水等を用いることができる。

[0025] さて、このような動作において、図2に示すように各加熱ランプ42A、42Bは複数のゾーン、図示例では2つのゾーンに分けられており、特に外側ゾーン50Bの各加熱ランプ42Bは、ウエハWを昇温させ難いウエハ周辺部に向けられており、この周辺部に熱線を集中的に照射するようになっているので、面内温度の均一性を維持したままウエハWを高速昇温することができる。この場合、ウエハ温度、或いは載置台10の温度は、各ペルチェ素子24Aのゼーベック効果による起電力に基づいてペルチェ制御部28により(ペルチェ素子24A自体の温度として)測定できる。その温度測定結果をランプ制御部46へ入力して、この制御部46で測定結果に基づいて上記各加熱ランプ42A、42Bをゾーン毎に制御することにより、面内温度の均一性をより高く維持したままウエハWを高速昇温することができる。

[0026] 更には、ウエハWの昇温時に、各ペルチェ素子24Aに、その上面が発熱するような方向で電流を流すことにより(ウエハの降温時とは電流の方向は逆になる)、ウエハWがこの各ペルチェ素子24Aにより補助的に加熱されることになる。このため、ウエハWの昇温速度を一層大きくすることができる。この場合、各ペルチェ素子24Aに加熱用の電流を間欠的に流しながら、各ペルチェ素子24Aに電流が流れていない期間にペルチェ素子24Aの起電力に基づいてその温度を測定する。そして、この測定温度に基づいてペルチェ素子24Aへ流す加熱用の電流をゾーン毎に制御する。これにより、昇温時のウエハ温度の面内均一性を一層高く維持することができる。尚、ウエハWの昇温時には、各ペルチェ素子24Aの下面に冷熱が発生するので、熱媒体ジャケット36の熱媒体流路30には、ウエハWの降温時とは異なって加熱用の熱媒体を流し、各ペルチェ素子24Aの下面に生じた冷熱を上記加熱用の熱媒体で系外へ排出するように動作させる。この場合、加熱用の熱媒体としては、例えば高温の温水を用いることができる。

[0027] またウエハWの降温時にも、ウエハ冷却用の電流を間欠的に各ペルチェ素子24Aに流しながら、各ペルチェ素子24Aに電流が流れていない期間にペルチェ素子24Aの起電力に基づいてその温度を測定する。そして、この測定温度に基づいてペルチェ素子24Aへ流す冷却用の電流をゾーン毎に制御する。これにより、ウエハ温度の面内均一性を高く維持した状態でウエハ温度を降温させることができる。また複数

のペルチェ素子24Aを分割するゾーン数を更に多くしたり、或いは個々のペルチェ素子24A毎に電流制御ができるようすれば、ウェハ昇温時および降温時の面内温度の均一性をより一層高く維持することができる。尚、載置台の温度は、これに埋設された熱電対、または光ファイバーを通じて熱輻射量から計る放射温度計により測定しても良いのは勿論である。

[0028] ここで被処理体を高速昇温させるためには、加熱手段40の各加熱ランプへの投入電力を増加させるだけではなく、ランプからの熱線に対する被処理体自体の吸収率を大きくする必要がある。被処理体として例えばシリコンウェハを用いた場合を例にとると、熱線に対するこのシリコンウェハの吸収率は図4に示すグラフのようになる。図4に示すように、シリコンウェハの熱線の吸収率は熱線の波長およびシリコンウェハの温度に依存する。ここで熱線とは、前述したように紫外線から遠赤外線まで含む広い概念で用いている。

図示するように、波長が $1.17 \mu m$ 程度までは、シリコンウェハの温度に関係なく、0.5~0.7程度の高い吸収率を示しているが、波長が $1.17 \mu m$ よりも大きくなると、吸収率はシリコンウェハの温度に大きく依存し、温度が低い程、吸収率が小さくなる(透過率は大きくなる)。すなわち、シリコンウェハの温度が $270\sim600^{\circ}C$ の範囲で変化すると、それに応じて吸収率は0.1~0.7程度の範囲で変化している。

[0029] 従って、被処理体を高速昇温させるには、加熱ランプとしては、波長が $1.17 \mu m$ 以下の熱線を出力するランプ、すなわち主として紫外線を射出する紫外線放電ランプや主として可視光線を射出するハロゲンランプを用いるのが好ましいことが判明する。またこの種の加熱ランプを用いることにより熱線を有効に利用でき、加熱効率を向上させることができる。

[0030] 加熱効率を向上させるためには、シリコンウェハを透過した熱線がその下の載置台10によってどの程度吸収されるかが大きな問題となる。そこで、次に載置台10の材質について検討する。

図5は熱線の波長に対するゲルマニウムとシリコンの透過率($\approx 1 - \text{吸収率}$)を示すグラフ、図6は熱線の波長に対する石英(SiO_2)と窒化アルミニウム(AlN)と炭化シリコン(SiC)の吸収率を示すグラフである。まず、図5に示すようにここではゲルマニウム

ムは厚さを2mmに設定し、シリコンは厚さを2.5mmに設定している。図5から明らかのように、熱線の波長が0.77 μm 以下である可視光線の領域および紫外線の領域では透過率は10%以下、すなわち吸収率は90%以上で非常に大きくなっている。従って、加熱ランプとして紫外線放電ランプやハロゲンランプを用いた場合、或いは本実施形態のように両ランプを混在させて設けた場合には、載置台10の材料としてゲルマニウム基板やシリコン基板を用いるのが好ましいことが確認できた。これによれば、シリコンウェハを透過した熱線を載置台10が効率良く吸収でき、この結果、この載置台10の熱でシリコンウェハを加熱することができる。従って、その分、加熱効率を向上させることができ、また、昇温速度も更に向上させることができる。

- [0031] また図6に示す SiO_2 （図6(A)）、AlN（図6(B)）、SiC（図6(C)）の板厚は1.3～3.4mmに設定されている。上記各材料は、波長が約4 μm 以上の赤外線の領域でなければ十分に大きな吸収率を示しておらず、紫外線および可視光線の領域では吸収率が非常に低い。従って、加熱ランプとして赤外線ランプを用いた場合には、載置台10の材料として SiO_2 板、AlN板、SiC板を用いるのが好ましいことが確認できた。この場合、SiC等の他に、他の酸化物を含むセラミック材を用いてもよい。
- [0032] また、加熱効率を向上させるには熱線に対する透過窓8の透過率も大きな問題となる。そこで、次に透過窓8について検討する。

図7は熱線の波長に対する CaF_2 （弗化カルシウム）[厚さ:3mm]とLiF（弗化リチウム）[厚さ:2mm]の透過率を示すグラフ、図8は熱線の波長に対する熔融石英（厚さ:1mm）の透過率を示すグラフ、図9は各種の母材に対してコーティング処理を行った時の赤外線領域の透過率を示すグラフである。

まず、図7に示すように、 CaF_2 板（図7(A)）は0.2 μm の紫外線から8 μm の赤外線の範囲で、またLiF板（図7(B)）は0.12 μm の紫外線から7 μm の赤外線の範囲で、共に90%前後の高い透過率を示している。従って、加熱ランプの種類を問わず、紫外線放電ランプ、ハロゲンランプ、赤外線ランプの全てのランプに対してこの CaF_2 板やLiF板を透過窓8として用いることができることを確認できた。特に、この CaF_2 板やLiF板は紫外線の領域で高い透過率を示しており、従って、加熱ランプとして紫外線放電ランプを用いる場合に特に有効であることが確認できた。

[0033] また図8に示すように熔融石英の場合には、波長が略 $0.2\mu\text{m}$ の紫外線の領域から波長が略 $4.0\mu\text{m}$ の赤外線の領域に亘って透過率は80%前後の高い値を示している。従って、図7に示した材料と同様に、熔融石英も紫外線の領域から赤外線の領域の広い範囲に亘って透過窓8の材料として好ましいことが確認できた。特に、可視光線の領域($0.42\sim0.77\mu\text{m}$)の領域では吸収率が90%以上と非常に高くなっている、特に好ましいことが確認できた。この場合にも、先に説明したと同様に加熱効率を向上でき、また、昇温速度も更に向上させることができる。

[0034] 次に、図9を参照して赤外線領域の光線について検討する。図9に示すように、ZnSe板、Si板、Ge板がそれぞれ単独の場合(コートなし)には、透過率はそれぞれ70%、50%、45%であってそれ程高くない。しかし、以下に述べる両面コートをそれぞれに施すと、透過率は全て90~100%の範囲内に大幅に上昇し、高い加熱効率を発揮できることが確認できた。すなわち、加熱ランプとして赤外線ランプを用いた場合には上記両面コートのZnSe板、Ge板、Si板を用いるのが好ましいことが確認できた。

[0035] ここでZnSe板の場合、熱線入射側の上面には母材のZnSeよりも低い屈折率のThF₄コーティング材を用い、熱線透過側の下面には母材のZnSeよりも高い屈折率のZeSeコーティングを用いた。また、Si板の場合、上面には母材のSiよりも低い屈折率のSiO₂コーティング材を用い、下面には母材のSiよりも高い屈折率のGeコーティング材を用いた。また、Ge板の場合、上面には母材のGeよりも低い屈折率のSiO₂コーティング材を用い、下面には母材のGeよりも高い屈折率のGeコーティング材を用いた。

[0036] <第2実施形態>

上記第1実施形態においては載置台10として1種類の材料を用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されない。例えば主たる吸収波長帯域が互いに異なる特性を有する複数の吸収板を積層することにより載置台10を形成するようにしてもよい。

図10は、そのような本発明の第2実施形態の載置台の構造を示す構成図である。尚、載置台10以外の構成については図示省略している。この載置台10は、具体的

には、紫外線と可視光線とを主として吸収する可視光吸收板62と、赤外線を主として吸収する赤外光吸收板64とを積層して構成されている。

[0037] ここで各吸收板62、64を構成する材料としては、図5および図6を参照して先に説明したように、紫外光・可視光吸收板62としては例えばゲルマニウム、或いはシリコン板を用い、赤外光吸收板64としては例えば石英板、AlN板、或いはSiC板を用いることができる。尚、ここで赤外光とは、近赤外線、赤外線および遠赤外線を含む。この場合には、吸收板の吸収波長帯域の熱線であって被処理体を透過した熱線を全て載置台10で吸収することができる。従って、その分、加熱効率を大幅に向上させることができ、また昇温速度を更に上げることができる。

[0038] 尚、図10(A)において、各吸收板62、64の積層の順序は特に限定されない。また、吸収率の高い周波数領域が異なる3種類の吸收板を積層することもできる。

また図10(A)に示す場合には、2枚の吸收板62、64を重ね合わせて積層して載置台10を形成し、この下面側にペルチェ素子24Aを接合している。これに対して、図10(B)に示すように各吸收板62、64どうしの間にペルチェ素子24Aをそれぞれ介在させるようにしてもよい。この場合、アニール処理後にウェハ温度を高速降温させるためには、各ペルチェ素子24Aの上面側を吸熱状態とし(冷熱を発生)、下面側を放熱(発熱)状態とするように各ペルチェ素子24Aに電流を流すようとする。この時、当然のこととして熱媒体ジャケット36(図1)には冷却用の熱媒体、例えば冷却水を流す。

[0039] これに対して、ウェハの高速昇温時には、各ペルチェ素子24Aの上面側を放熱(発熱)状態とし、下面側を吸熱状態(冷熱を発生)とするように各ペルチェ素子24Aに電流を流すようとする。この時、当然のこととして熱媒体ジャケット36(図1)に加熱用の熱媒体を流す。図10(B)に示す構成は、吸收板が3枚の場合にも適用することができる。このように構成することにより、熱線の吸収波長帯域が異なる吸收板62、64間の熱伝導率を向上させることができるので、結果として、ウェハの加熱効率および降温効率を向上させることができる。

[0040] <第3実施形態>

次に本発明の第3実施形態について説明する。図11は本発明の第3実施形態を

示す断面構成図である。尚、図1中と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。ここでは図11に示すように、処理容器4の底板22をなす熱媒体ジャケット36の上面に、例えばアルミニウムメッキよりなる反射板70を全面に亘って形成している。そして、この反射板70の上にペルチェ素子24Aを介して載置台10を設けるようにしている。

[0041] この実施形態によれば、ウェハWや載置台10を透過した熱線をこの反射板70で上方に反射させて再度ウェハWの加熱に寄与できる。従って、その分、加熱効率を向上させることができるので、更に高速で昇温を行うことができる。尚、この実施形態の載置台10に対しても、図10に示す第2実施形態の構成を採用できるのは勿論であり、反射板70は載置台10とペルチェ素子24Aの間に設置されてもよい。また、加熱ランプ42Aの種類は、ここでも問わず、紫外線放電ランプ、ハロゲンランプ、赤外線ランプの内の1種、または2種以上を用いることができる。

[0042] <第4実施形態>

次に本発明の第4実施形態について説明する。図12は本発明の第4実施形態を示す断面構成図である。尚、図1中と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

この第4実施形態では、加熱ランプ42Aとしてより少ない数のランプ、図示例では1つの大型で大電力の紫外線放電ランプを用いて、ウェハを多量の熱線で粗く加熱するようになっている。この場合、ウェハWの昇降時および降温時には、各ペルチェ素子24Aの電流をゾーン毎に、或いは個別に微細に制御することによりウェハ温度の面内均一性を高く維持する。またこの大型の紫外線放電ランプよりなる加熱ランプ42Aの電力は、前述したようにデューティ制御によりコントロールされる。

[0043] また、ここでは底板22に円筒状の脚部22Aを設けて、全体の高さをかさ上げしている。そして、この底板22の上部の外周側に回転保持台74を設けて、必要時にウェハWを持ち上げた状態でこれを回転し得るようになっている。具体的には、この回転保持台74は例えばアルミニウム等により円筒体状に成形されて、載置台10および底板22の上部の外周側に所定の間隔を隔てて配置されている。そして、この回転保持台74の上端部は、内側へ略直角に折り曲げられており、その先端部に適當数の保持

片76が水平方向に延びるようにして設けられている。それらの保持片76により、必要に応じてウエハWの周辺部の下面を保持できるようになっている。またこの回転保持台74の下端部の内側には、その周方向に沿って永久磁石78が多数配列させて設けられている。また、上記底板22の脚部22Aには、上記永久磁石78に対向させて回転用の電気コイル80がその周方向に沿って設けられている。この電気コイル80に電流を流すことにより回転磁回を発生させて、これに磁気結合される上記永久磁石78側、すなわち回転保持台74を回転し得るようになっている。

[0044] また上記回転用の電気コイル80の下部には、浮上用の電気コイル82がその周方向に沿って形成されている。必要に応じてこの浮上用の電気コイル82に通電することにより上記永久磁石78との間で磁気的に反発力を生ぜしめて、上記回転保持台74を上方へ浮かせることができるようになっている。尚、図示されていないが、この回転保持台74にはエンコーダ等が設けられており、その回転数や回転位置を検知し、且つ制御できるようになっている。また、載置台10の周辺部には、上記保持片76の上下移動を許容する図示しない切り欠き等が設けられている。

[0045] さてこのような熱処理装置にあっては、ウエハWを加熱昇温し、アニール処理を行う時には、浮上用の電気コイル82に通電をして永久磁石78との間に反発力を生ぜしめて保持片76でウエハWを支持した回転保持台74を浮上させる。これにより、ウエハWは載置台10の上面から離間して浮上した状態となる。尚、この場合、載置台10の材料としては、上述の各実施形態において記載されたものとは異なり、ランプからの熱線を反射してウエハ側に戻すような材料が選ばれることが望ましい。このような材料として、例えば紫外光・可視光・赤外光に対してはAl材料、可視光・紫外光に対してはAg/Au材料、またはこれらに反射増強コーティングを加えたものなどが挙げられる。そして、回転用の電気コイル80に通電することにより回転磁回が生じて回転保持台74が回転する。このように、ウエハWは載置台10の上面より浮上して回転された状態で加熱昇温されてアニール処理されることになる。尚、この際、ペルチェ素子24Aの上面を発熱させて温度制御を行うようにしてもよい。これにより、相対的に熱容量の小さいウエハのみを加熱昇温すれば良いことになり、さらなる高速昇温が可能となる。

[0046] またアニール処理が終了し、ウエハWを冷却する場合には、加熱ランプ42Aへの通電を断ち、各電気コイル80, 82への通電をそれぞれ切って回転保持台74を降下させ、ウエハWを載置台10の上面に接した状態でこの冷却を行う。この時、前述したようにペルチェ素子24Aの上面は、冷熱を発生するように電流を流し、これによりウエハWを高速降温させることができる。

またここでは保持片76でウエハWの周辺部を保持して持ち上げるようにしたが、これに限定されない。例えば、載置台10をペルチェ素子24Aから分離可能に構成し、保持片76は載置台10の周辺部を保持してこれ持ち上げるようにもよい。

[0047] 以上の各実施形態では、熱処理としてアニール処理を例にとって説明したが、これに限定されず、他の熱処理、例えば成膜処理、酸化拡散処理、改質処理等の場合にも本発明を適用できるのは勿論である。

また、被処理体としてシリコンウエハを例にとって説明したが、化合物半導体等の他の半導体ウエハ、LCD基板、ガラス基板等を処理する場合にも本発明を適用できるのは勿論である。

請求の範囲

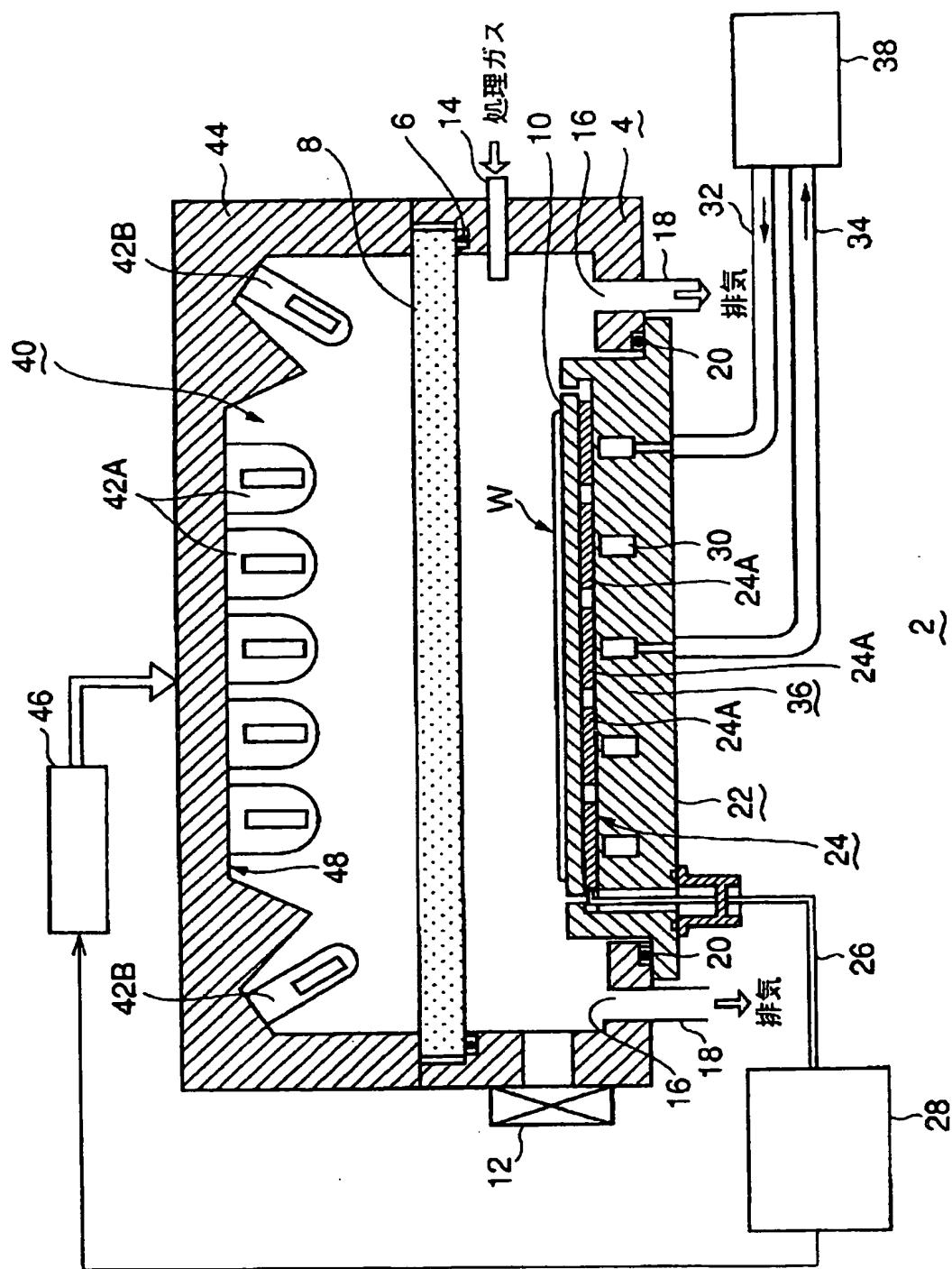
- [1] 被処理体に400°C以上の温度で熱処理を施すための熱処理装置であって、天井部に透過窓を有する処理容器と、この処理容器内に設けられ、前記透過窓と対向するように被処理体を載置する載置台と、
前記処理容器の上方に設けられ、前記透過窓を通じて被処理体に熱線を照射することにより被処理体を加熱する複数の加熱ランプと、
前記載置台に設けられ、被処理体を少なくとも冷却可能な熱電変換器と、を備えたことを特徴とする熱処理装置。
- [2] 前記熱電変換器の下側に、内部に熱媒体流路の形成された熱媒体ジャケットを設けたことを特徴とする請求項1記載の熱処理装置。
- [3] 前記熱電変換器は、被処理体の冷却時とは逆方向の電流が流されることで、被処理体を加熱するように構成されていることを特徴とする請求項1記載の熱処理装置。
- [4] 前記熱電変換器は、前記載置台上の複数のゾーンにそれぞれ対応して配置された複数の熱電変換素子を含み、
当該熱処理装置は、前記載置台上の各ゾーン別に熱電変換素子に流される電流を制御する変換素子制御器を更に備えることを特徴とする請求項1記載の熱処理装置。
- [5] 前記変換素子制御器は、前記熱電変換素子に間欠的に電流を流すように制御を行うと共に、前記熱電変換素子に電流が流れていない期間に前記熱電変換素子の起電力に基づいて当該熱電変換素子の温度を測定することを特徴とする請求項4記載の熱処理装置。
- [6] 被処理体はシリコンウエハであり、
前記複数の加熱ランプは、主として紫外線を放射する紫外線放電ランプと、主として可視光線を放射するハロゲンランプとで構成されることを特徴とする請求項1記載の熱処理装置。
- [7] 前記紫外線放電ランプの電力制御は、デューティ制御により行われることを特徴とする請求項6記載の熱処理装置。

- [8] 被処理体の中央部に対しては主として前記紫外線放電ランプからの紫外線が照射され、被処理体の周辺部には対しては主として前記ハロゲンランプからの可視光線が照射されるように構成されていることを特徴とする請求項6記載の熱処理装置。
- [9] 被処理体に高温で熱処理を施すための熱処理装置であって、
天井部に透過窓を有する処理容器と、
この処理容器内に設けられ、前記透過窓と対向するように被処理体を載置する載置台と、
前記処理容器の上方に設けられ、前記透過窓を通じて被処理体に熱線を照射することにより被処理体を加熱する複数の加熱ランプと、
を備え、
前記載置台は、前記加熱ランプから主として放射される熱線の種類に応じて、その熱線を主として吸収する吸収板を含むことを特徴とする熱処理装置。
- [10] 前記載置台は、互いに異なる種類の熱線を主として吸収する複数の吸収板を含むことを特徴とする請求項9記載の熱処理装置。
- [11] 前記吸収板どうしの間に、被処理体側を少なくとも冷却可能な熱電変換器が設かれていることを特徴とする請求項10記載の熱処理装置。

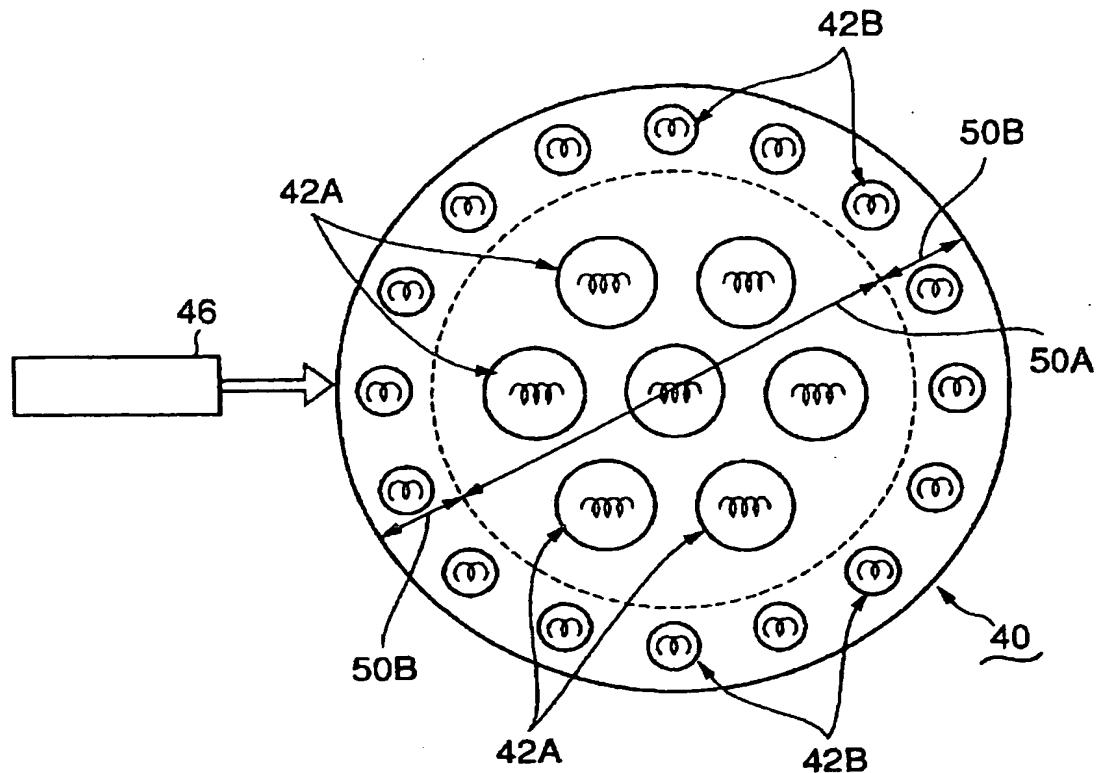
要 約 書

シリコンウェハ等の被処理体に400°C以上の温度でアニール処理等の熱処理を施すための熱処理装置である。この装置は、天井部に透過窓(8)を有する処理容器(4)を備えている。この容器内は、透過窓と対向するように被処理体(W)を載置する載置台(10)が設けられている。処理容器の上方は、透過窓を通じて被処理体に熱線を照射することにより被処理体を加熱する複数の加熱ランプ(42A, 42B)が設けられている。載置台には、被処理体を少なくとも冷却可能な熱電変換器(24)が設けられている。被処理体の昇温時には主として加熱ランプからの熱線により加熱し、降温時には熱電変換器を用いて強制的に冷却する。

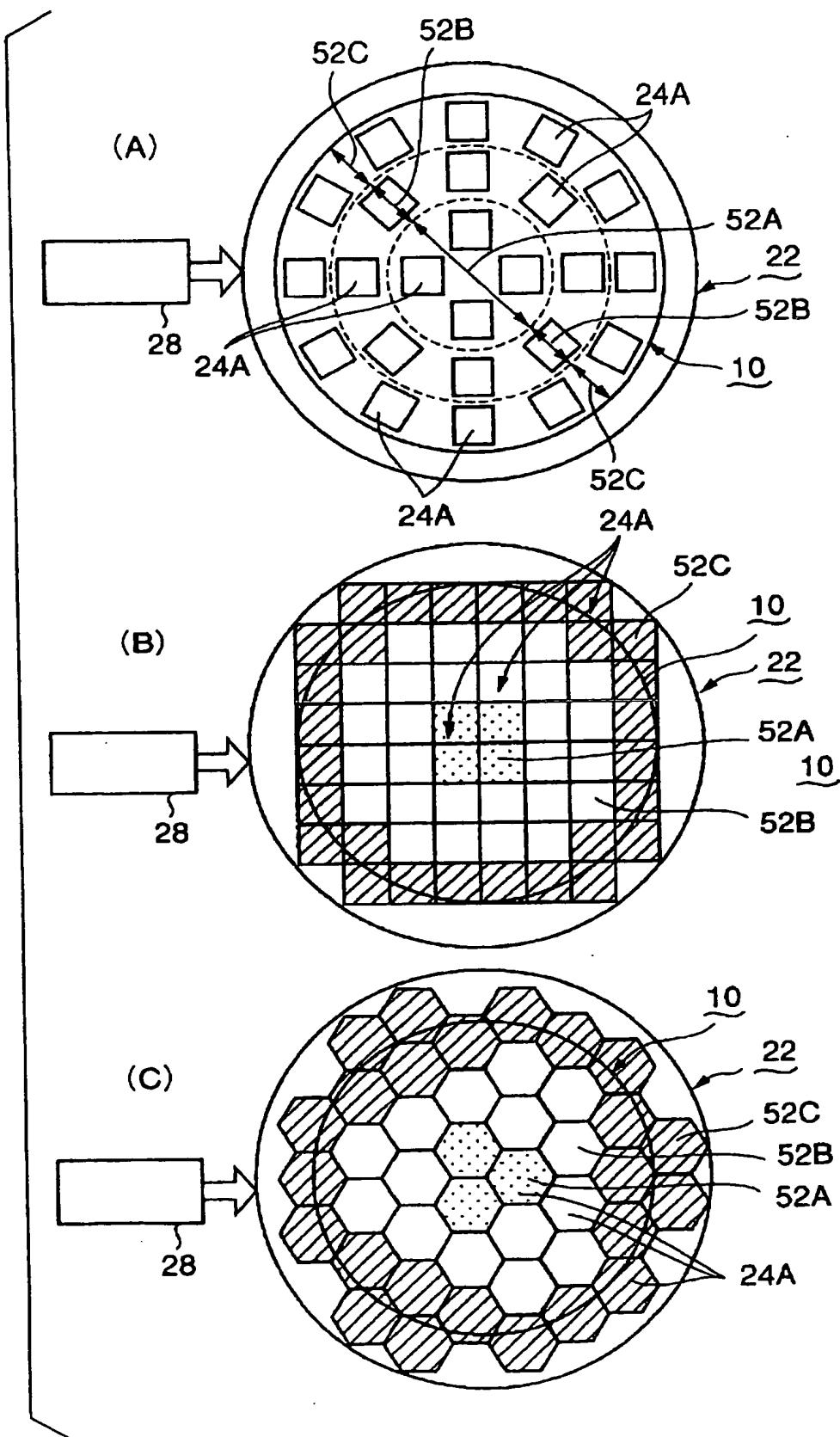
[図1]



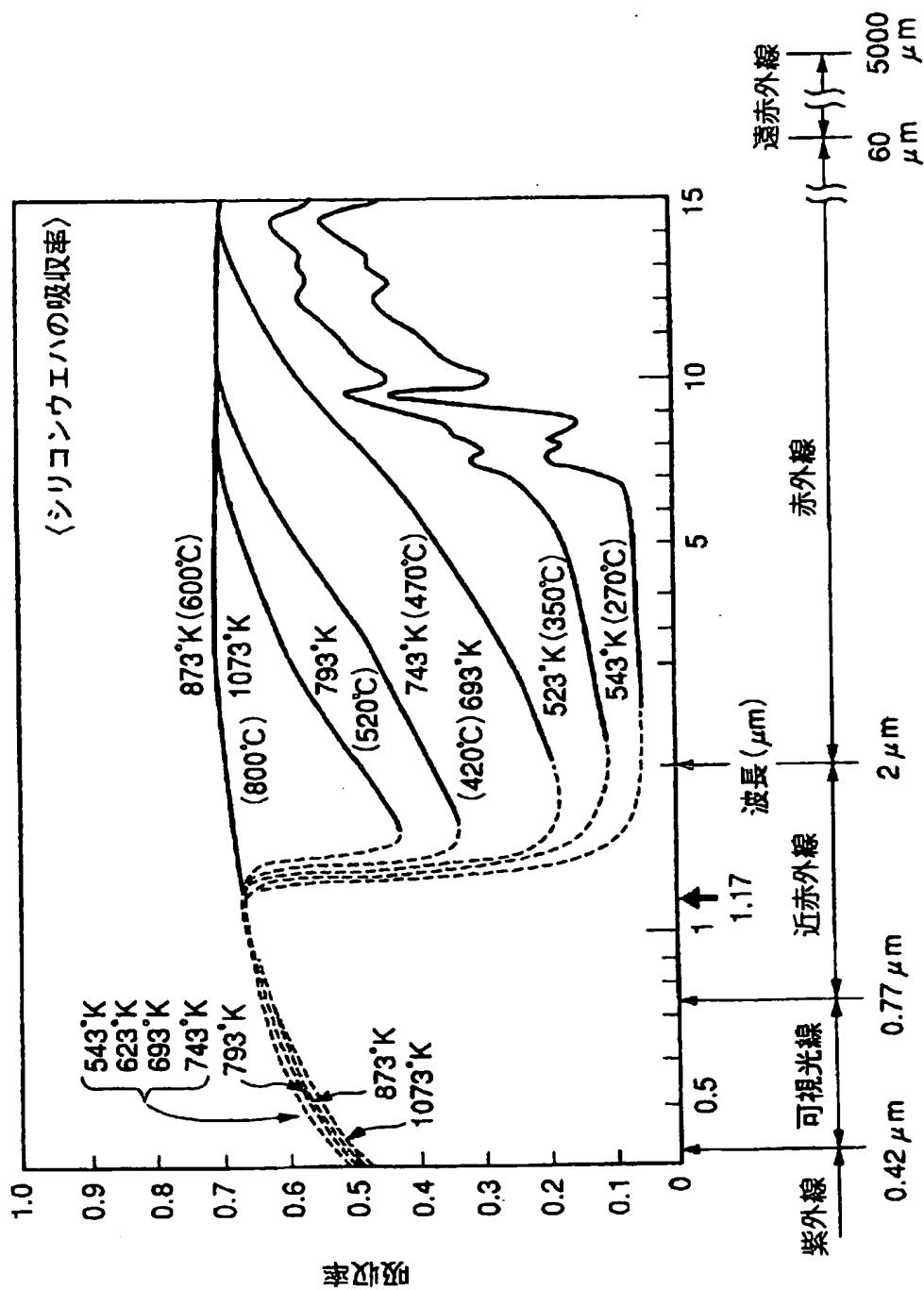
[図2]



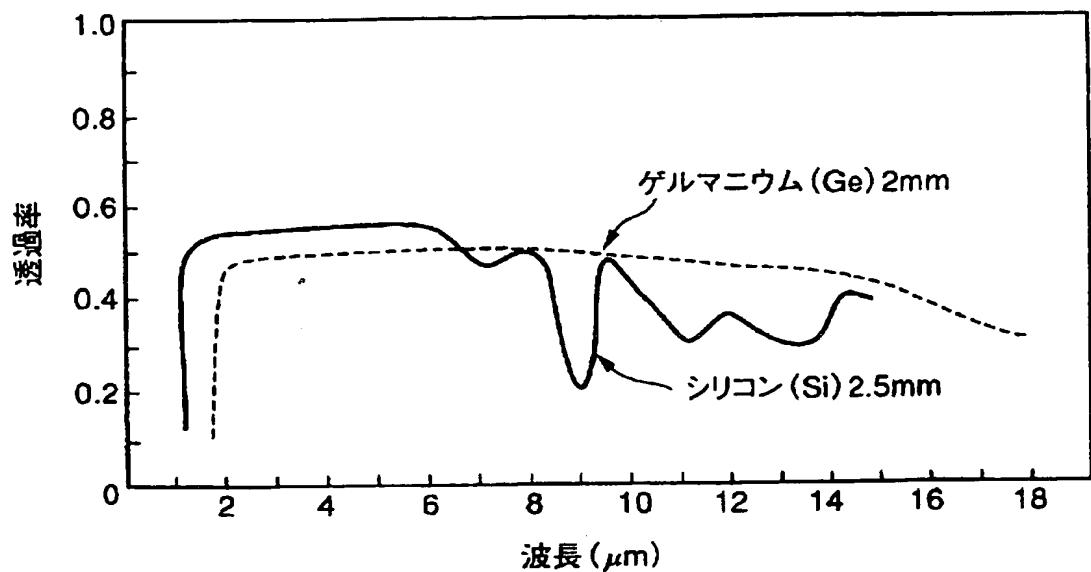
[図3]



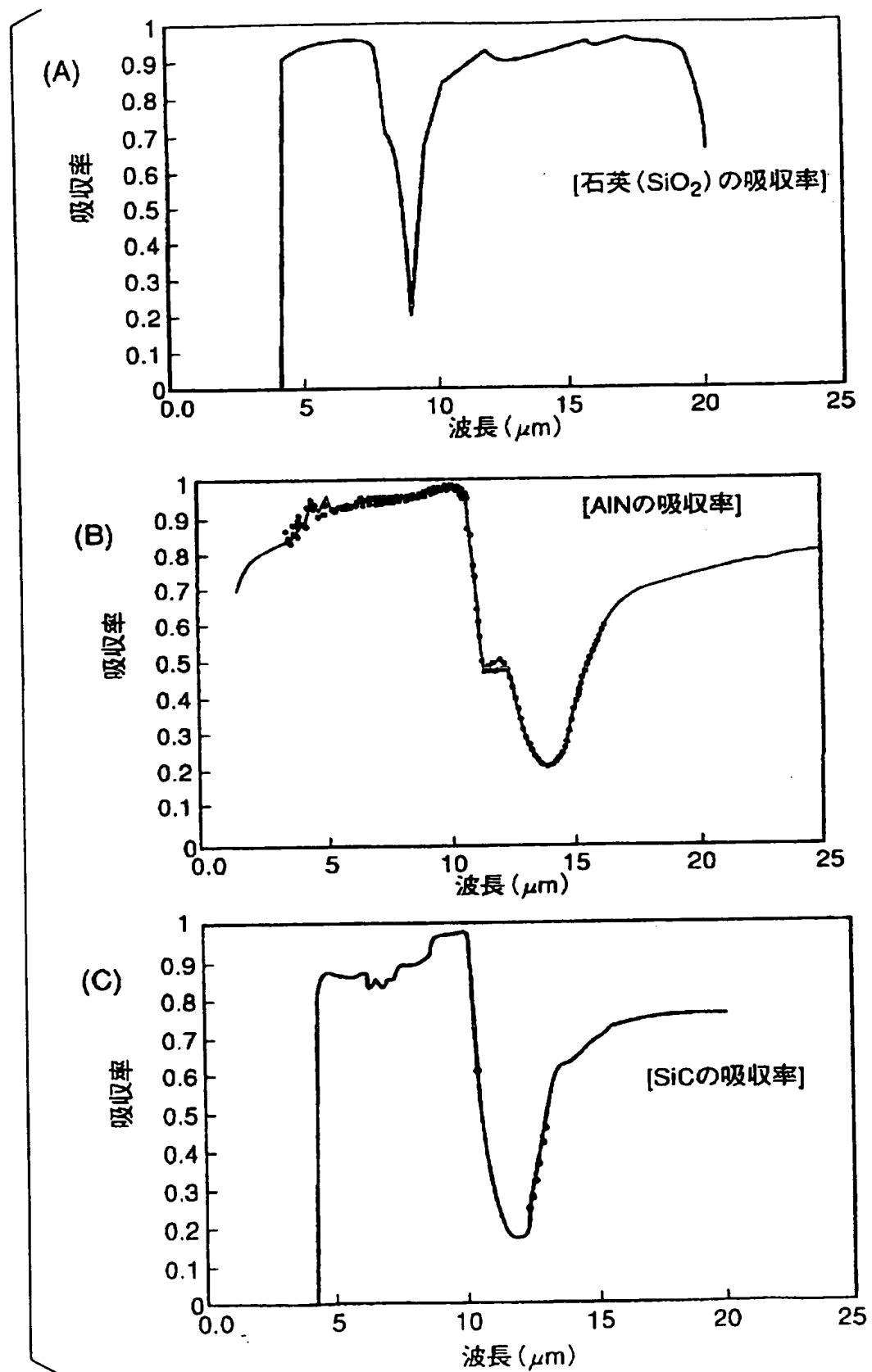
[図4]



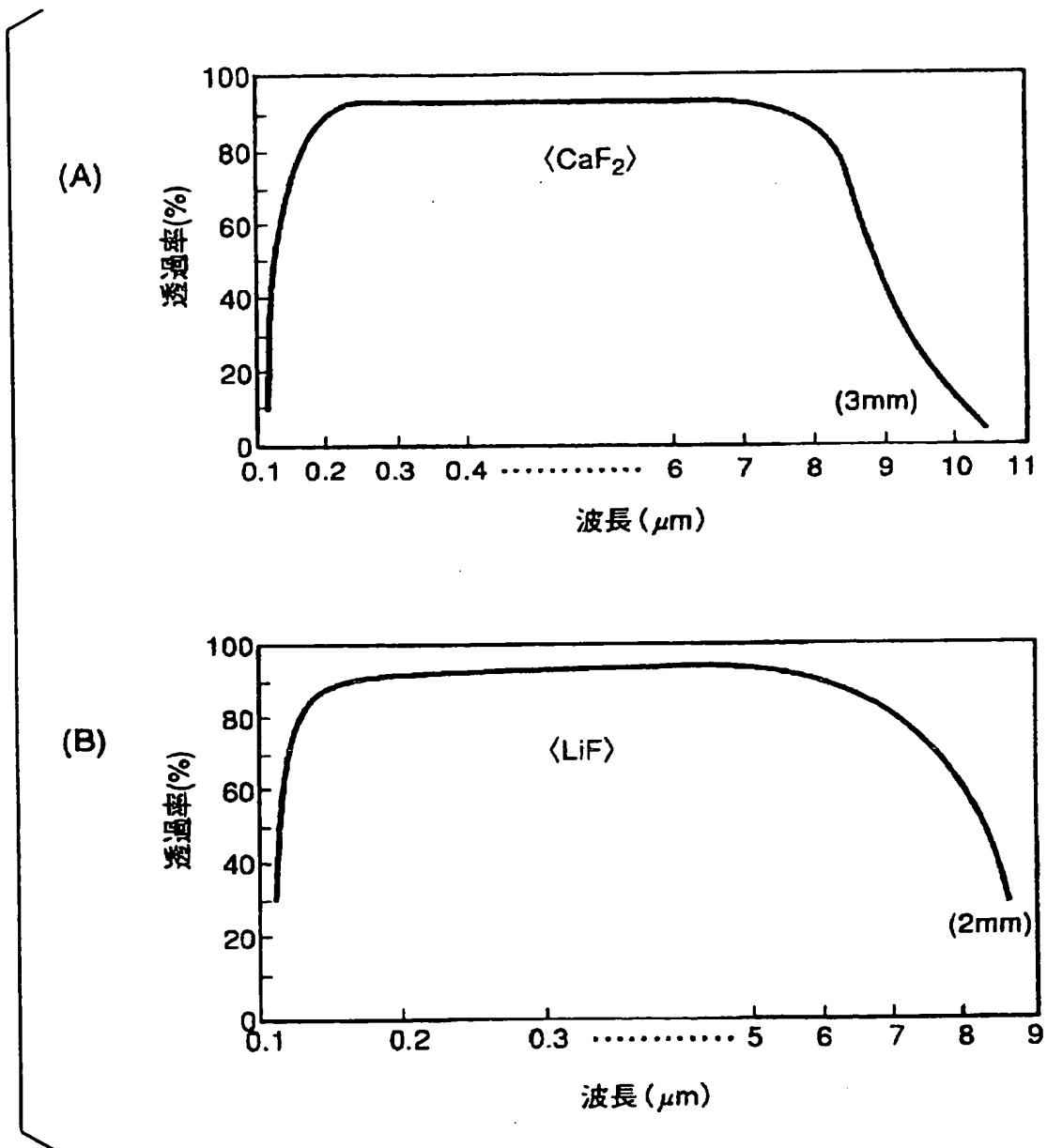
[図5]



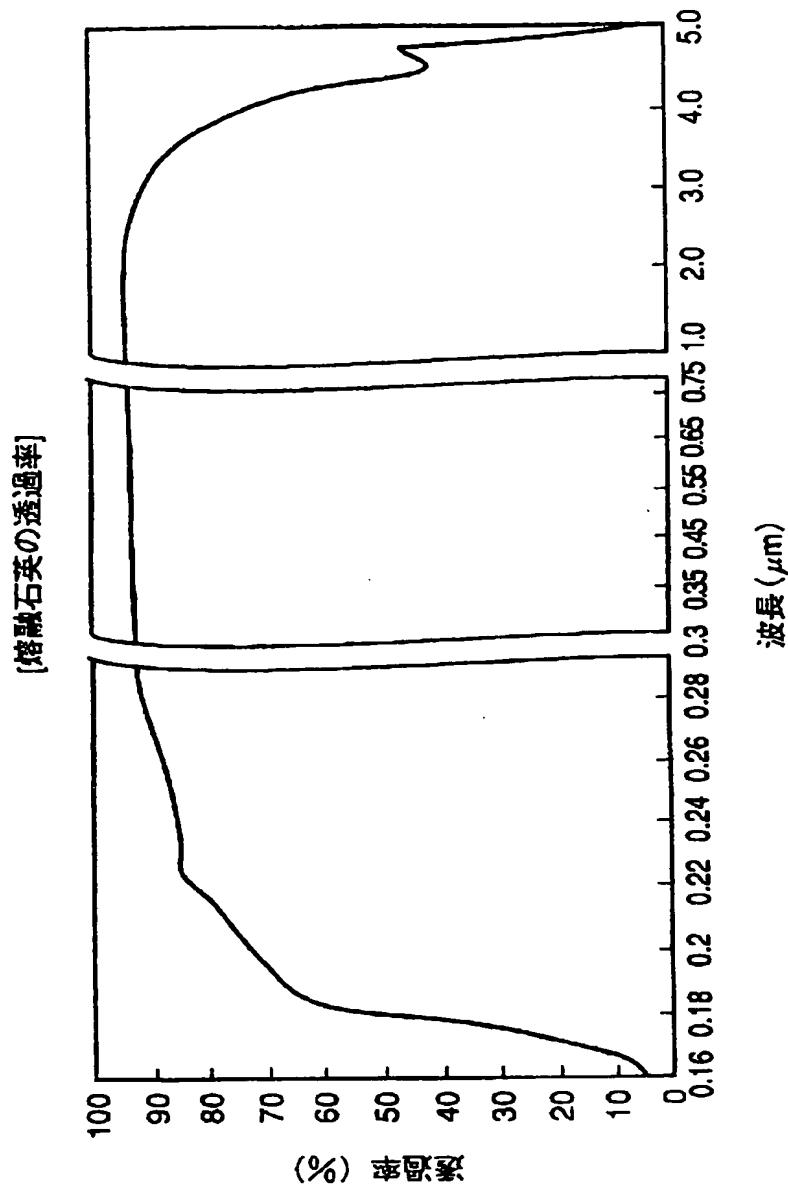
[図6]



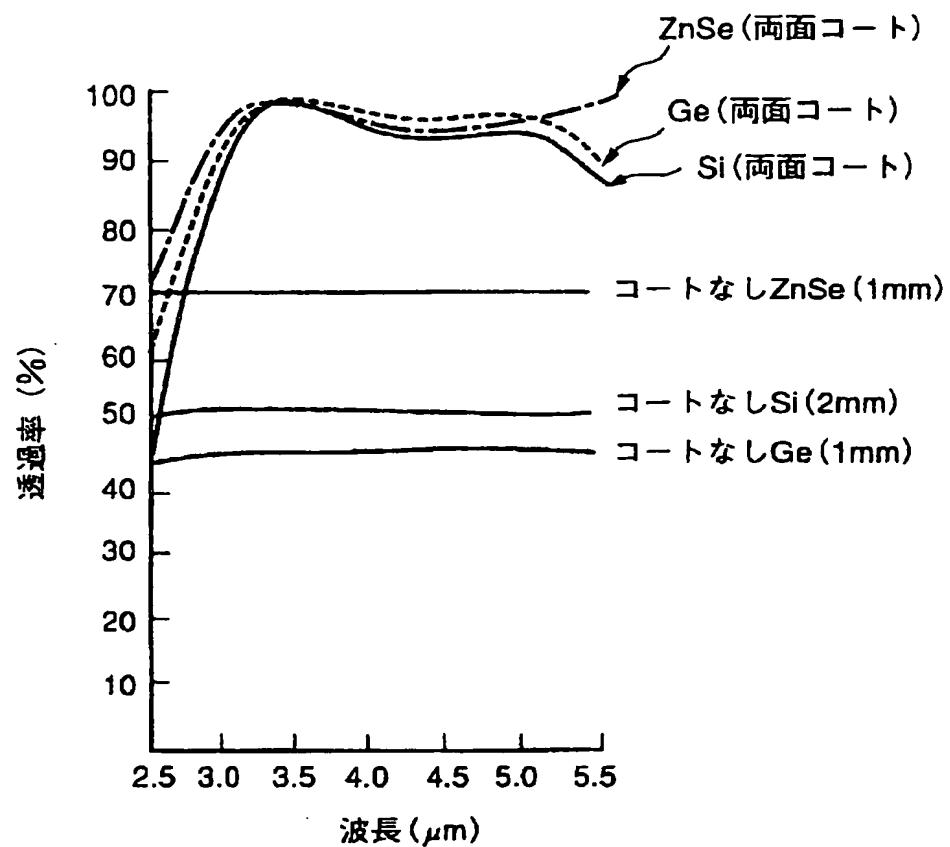
[図7]



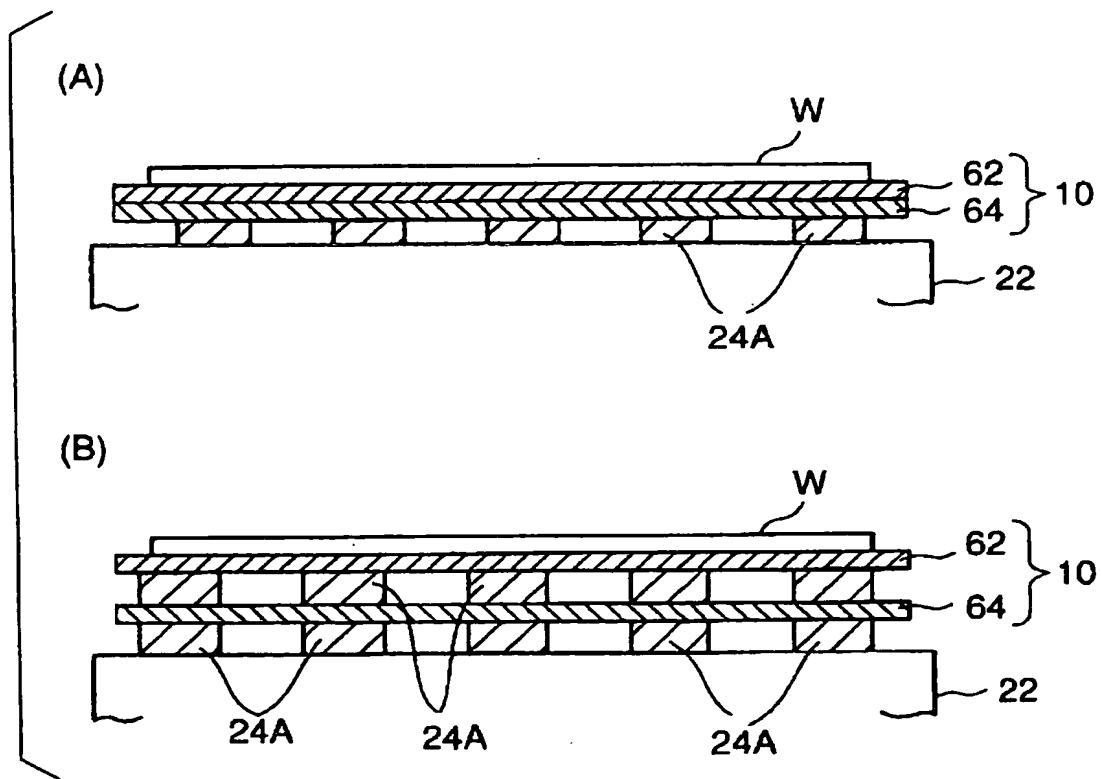
[図8]



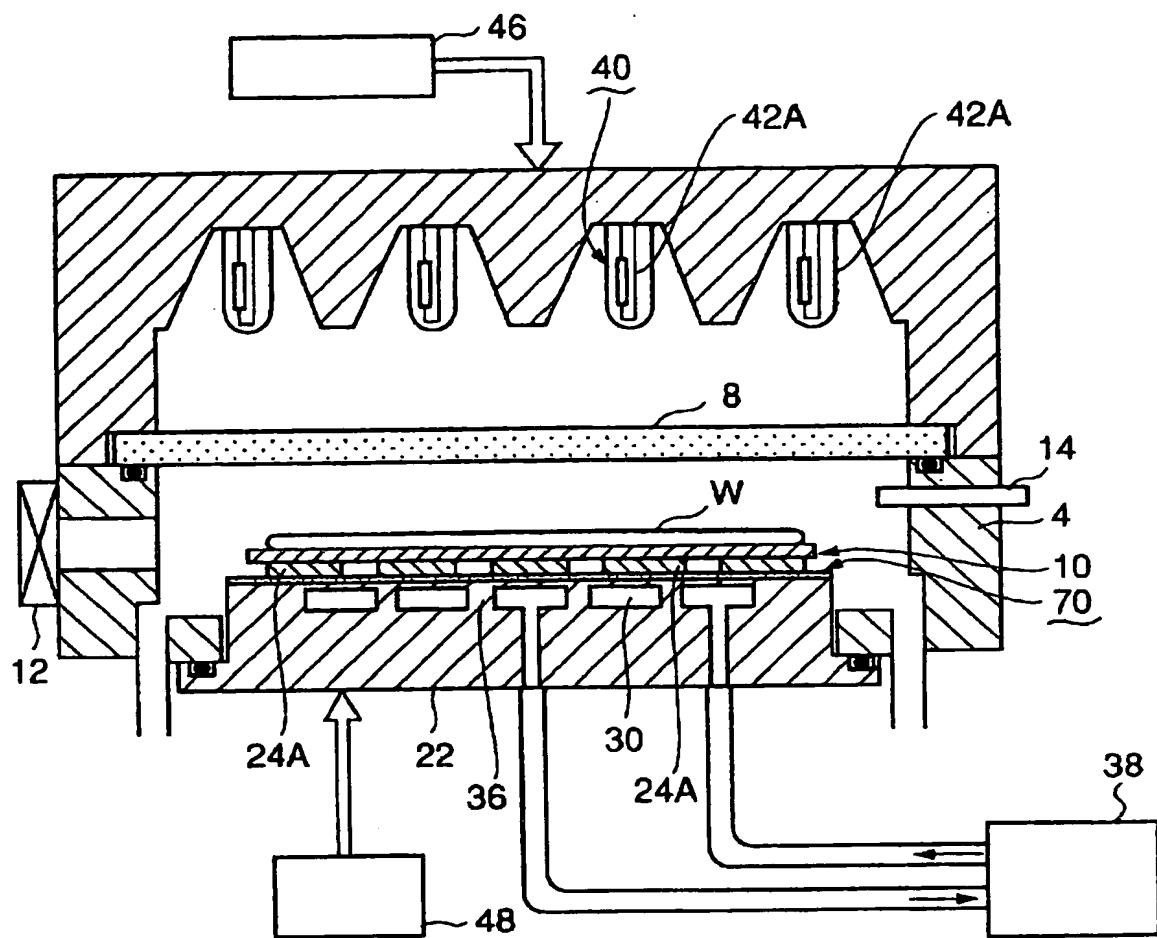
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

